昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，December 2006，49(6)：1054 – 1059　　ISSN 0454-6296

中红侧沟茧蜂触角感受器的扫描电镜观察

董文霞[1,2]，张钟宁[2,*]

(1. 中国农业科学院茶叶研究所，杭州　310008；2. 中国科学院动物研究所，农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室，北京　100080)

摘要：利用扫描电镜对中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 的触角感受器进行了观察，发现了 6 个类型的感器，分别为毛形感器、板形感器、刺形感器、钟形感器、锥形感器、腔锥形感器。其中，毛形感器具有 2 种形态，锥形感器具有 4 种形态。钟形感器仅分布于雌蜂的触角上，锥形感器Ⅲ和Ⅳ仅分布于雄蜂的触角上。结合感受器的形态、分布和已报道的触角电位反应数据，对各感受器的功能进行了推测。

关键词：中红侧沟茧蜂；触角；感受器；超微结构

中图分类号：Q964　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2006)06-1054-06

Antennal sensilla of *Microplitis mediator* observed with scanning electron microscope

DONG Wen-Xia[1,2], ZHANG Zhong-Ning[2,*] (1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China; 2. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: The antennal sensory sensilla of the parasitoid, *Microplitis mediator* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) were observed with scanning electron microscopy. Six distinct types of sense receptors were observed, including sensilla trichodea, sensilla placodea, sensilla basiconica, sensilla chaetica, sensilla coeleoconica, and sensilla campaniformia. Two forms of sensilla trichodea and four forms of sensilla basiconica were found. Sensilla campaniformia were only found on female antennae, while sensilla basiconica Ⅲ and Ⅳ only on male antennae. Their functions were discussed in reference to their morphology, distribution, and the electroantennogram responses of the parasitoid previously reported.

Key words: *Microplitis mediator*; antenna; sensilla; ultrastructure

触角是寄生蜂感受外界刺激的最主要器官，在雌蜂的栖境定位、寄主定位、交配、产卵和雄蜂的求偶过程中起着重要作用(Miller, 1972; Amornsak *et al*., 1998)。因此，研究寄生蜂触角各种感受器的形态、分布和功能，可以为研究其行为提供帮助。

中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* (Haliday)属于茧蜂科(Braconidae)，小腹茧蜂亚科(Microgasterinae)，侧沟茧蜂属 *Microplitis*(赵修复，1987)。其寄主范围非常广泛，涉及鳞翅目夜蛾科和尺蛾科的 40 多种昆虫，其中包括棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、粘虫 *Mythimna separata*、甘蓝夜蛾 *Barathra brassicae* 等农业上的重大害虫。目前，一些研究者对茧蜂科部分昆虫的触角感受器的形态和结构进行了详尽的描述。Norton 和 Vinson (1974a) 比较了黑头折脉茧蜂 *Cardiochiles nigriceps* 和红足侧沟茧蜂 *Microplitis croceipes* 的触角感受器，他们(1974b)还发现仅在雌性黑头折脉茧蜂触角上发现的顶端弯曲厚壁(bent-tipped thick-walled)的感受器与感受来自于寄主美洲烟夜蛾 *Helicoverpa virescens* 的化学物质有关。Navasero 和 Elzen (1991) 对红足侧沟茧蜂的触角、前附节、触须上的感器进行了详细研究。Richerson 等(1972)描述了黄杉小蠹茧蜂 *Coeloides brunneri* 触角上的特殊感器板形感器，并且认为其具有接受红外辐射的功能。Ochieng 等(2000)通过对红足侧沟茧

基金项目：中国科学院重点项目"实夜蛾属两害虫及其寄生蜂与植物协同进化关系的研究"(K2952-S1-109)

作者简介：董文霞，女，1970 年 7 月生，山西人，博士，副研究员，主要从事昆虫化学生态学研究，E-mail: dongwenxia@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhangzn@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2006-04-11; 接受日期 Accepted: 2006-07-03

蜂的板形感器进行的透射电镜研究，证实其具有嗅觉功能。陈新芳等(2004)对一种未确切定种的侧沟茧蜂 *Microplitis* sp. 的触角感受器进行了描述。我们对中红侧沟茧蜂的触角感受器进行了扫描电镜观察，以期更深入了解其化学感受系统，为揭示其感受器与行为之间的关系，了解与害虫、植物之间的化学联系提供基础。

1　材料与方法

将刚羽化的中红侧沟茧蜂放入 1% 碘化钾导电液中，浸泡 24 h，期间换两次溶液。取出后用重蒸水清洗干净，切下触角，风干。固定于样品台上，置于 E-102 型离子溅射仪中喷金。用日立 S-2360N 扫描电镜观察。扫描电压为 22 kV 或 25 kV。雌雄茧蜂各观察 4 头，即 8 根触角。感受器的区分和命名主要依据 Schneider(1964)的命名系统。

2　结果

雌雄中红侧沟茧蜂的触角均由柄节、梗节和 16 个鞭节组成。雄蜂触角的平均长度为 4 142.5 μm，雌蜂为 3 480.0 μm。柄节平均长度雄蜂为 130.0 μm，雌蜂为 150.0 μm。梗节平均长度雄蜂为 72.5 μm，雌蜂为 70.0 μm。各鞭节的总平均长度雄蜂为 3 940.0 μm，雌蜂为 3 260.0 μm。

扫描电镜观察发现中红侧沟茧蜂触角上有 6 类感器，分别为毛形感器(sensilla trichodea，ST)、板形感器(sensilla placodea，SP)、刺形感器(sensilla chaetica，SCh)、钟形感器(sensilla campaniformia，SCa)、锥形感器(sensilla basiconica，SB)、腔锥形感器(sensilla coeleoconica，SCo)。

2.1　毛形感器

雌雄茧蜂触角上的毛形感器分为 2 种：毛形感器Ⅰ(图版Ⅰ：1，2，3)和毛形感器Ⅱ(图版Ⅰ：2)。

雌雄茧蜂的柄节、梗节、鞭节上分布有大量的毛形感器Ⅰ。雄蜂触角上毛形感器Ⅰ的平均长度为 31.9 μm (19.5～48.8 μm)，基部直径为 2.1 μm (1.3～4.0 μm)。雌蜂触角上毛形感器Ⅰ的平均长度为 30.7 μm (15.0～47.5 μm)，基部平均直径为 1.7 μm (1.5～1.8 μm)。这些感器与触角方向平行，末端指向触角末端方向。感器上具有较浅的竖纹，末端很尖。

毛形感器Ⅱ穿插于毛形感器Ⅰ之间，仅分布在各鞭节上。感器长度为雄蜂 25.1 μm (17.5～33.8 μm)，雌蜂 25.6 μm (21.3～30.0 μm)。基部直径为雄蜂 2.3 μm (2.2～2.4 μm)，雌蜂 2.3 μm (2.0～2.6 μm)。感器的表皮很光滑，没有竖纹，末端比毛形感器Ⅰ钝，因此不同于毛形感器Ⅰ。

2.2　板形感器

板形感器(图版Ⅰ：2，3)分布于雌雄蜂的各个鞭节上，其数量仅次于毛形感器Ⅰ，长椭圆形，四周有脊环绕。雄蜂的板形感器长度为 107.0 μm (82.5～120.0 μm)，直径为 3.2 μm (2.4～3.6 μm)。雌蜂触角上板形感器的长度为 80.6 μm (65.0～92.5 μm)，直径为 2.9 μm (2.7～3.2 μm)。最为有趣的现象是每个鞭节上的板形感器整齐地排列成两列，同一列上的板形感器之间分布着几列毛形感器，毛形感器数为雄蜂 1 列，雌蜂 1～3 列。板形感器略高于触角表皮，两列板形感器之间的部分好像陷下去似的。因此每一鞭节看起来被分为两部分。这一特征在雄蜂鞭节上更为明显(图版Ⅰ：4)。

2.3　钟形感器

钟形感器(图版Ⅰ：5)仅偶尔在雌蜂的柄节与鞭节上发现，半球形，就象在触角的表皮上扣了一顶帽子。该感器表面光滑，有一圈厚壁的边儿围绕，看起来象一个纽扣。平均直径为 2.8 μm (2.5～3.3 μm)。

2.4　刺形感器

刺形感器(图版Ⅰ：1，6)分布于柄节与头部之间的节间膜上、梗节上。它们是又短又尖的刚毛状感受器，平行于触角轴。雄蜂触角上的刺形感器长度为 4.2 μm (2.4～7.2 μm)，基部直径为 1.6 μm (1.2～2.0 μm)。雌蜂触角上的刺形感器的长度为 2.8 μm (1.3～6.3 μm)，直径为 1.1 μm (0.8～2.0 μm)。

2.5　锥形感器

锥形感器是末端钝圆的感觉毛，分布于各个鞭节上。中红侧沟茧蜂触角上共有 4 种锥形感器。第一种是锥形感器Ⅰ(图版Ⅰ：7，8)，是直的感觉毛，顶端有孔，从基部到端部直径逐渐变小。雄蜂触角上的锥形感器Ⅰ的长度为 15.3 μm (8.8～20.0 μm)，基部直径为 2.3 μm (2.0～2.5 μm)。雌蜂触角上的锥形感器Ⅰ的长度为 14.3 μm (7.5～20.0 μm)，基部直径为 2.4 μm (2.2～2.5 μm)。

第二种为锥形感器Ⅱ(图版Ⅱ：1)，偶尔在雌雄茧蜂的几个鞭节上发现。锥形感器基部较大，垂直于触角。在 1/4 处向平行于触角的方向弯曲，并

逐渐变细。该感器看起来象一个逗号“，”。雄蜂触角上锥形感器Ⅱ的长度是 9.6 μm（5.3 ~ 12.0 μm），基部直径为 2.1 μm（2.0 ~ 2.3 μm）。雌蜂触角上的锥形感器Ⅱ的长度为 7.0 μm（6.3 ~ 8.8 μm），基部直径为 2.0 μm（1.5 ~ 2.5 μm）。

第三种是锥形感器Ⅲ（图版Ⅱ：2，3），大量分布于中红侧沟茧蜂雄蜂触角末节的背侧面。该感器表面有纵纹，基部平行于触角轴，中部突然向垂直于触角的方向弯曲，末端有一个小钩，看起来象一个“S”。垂直部分长 2.8 μm（2.0 ~ 4.7 μm），弯曲部分 3.6 μm（3.3 ~ 4.7 μm）；小钩部分长 1.8 μm（1.3 ~ 2.3 μm），基部直径为 1.3 μm（1.0 ~ 1.7 μm）。

第四种为锥形感器Ⅳ（图版Ⅱ：2，4），仅在雄蜂触角末节上分布。这些感器末端钝圆，表皮上没有纵纹。该感器在 1/3 ~ 1/2 处弯曲。垂直部分长 3.1 μm（2.7 ~ 3.3 μm），弯曲部分长 4.9 μm（2.7 ~ 8.7 μm），基部直径为 2.5 μm（2.0 ~ 4.7 μm）。

2.6 腔锥形感器

腔锥形感器（图版Ⅱ：5，6），偶尔出现在雌雄中红侧沟茧蜂的触角鞭节的腹侧面，栓状、末端尖削。雌蜂触角上的该感器长为 3.7 μm，直径为 2.2 μm；雄蜂触角上的该感器长为 3.1 μm，基部直径为 1.4 μm。

3 讨论

一般认为，膜翅目昆虫触角上的毛形感器Ⅰ是机械感器（Barlin and Vinson，1981；van Baaren *et al*.，1996）。透射电镜研究表明，在红足侧沟茧蜂的毛形感器上没有发现任何微孔，因此推断其没有嗅觉功能。但从它们窝状插入触角表皮和空间排布方式判断可能具有机械感器的功能（Ochieng *et al*.，2000）。中红侧沟茧蜂的毛形感器Ⅰ的形态与红足侧沟茧蜂的毛形感器非常相似，我们推测其具有机械感受功能。Norton 和 Vinson（1974a，1974b）称黑头折脉茧蜂上的毛形感器Ⅱ为厚壁的化学感器（thick-walled chemoreceptor），透射电镜观察表明这些感器的表皮上有小孔，他们认为该感器的功能可能是感受雌蜂释放的性信息素或感受聚集信息素，其功能还有待研究。

对于板形感器的功能有两种看法。一些研究者（Slifer，1970；Barlin and Vinson，1981；Barlin *et al*.，1981；van Baaren *et al*.，1996）认为该感器具有嗅觉功能，而另外一些研究者（Richerson *et al*.，1972；Borden *et al*.，1978）则认为其功能为感受红外辐射。我们赞同前一种看法。触角电位（EAG）实验表明，中红侧沟茧蜂对 6 种棉花挥发性物质的触角电位反应值，雌雄蜂之间没有显著性差异（$P > 0.05$）（董文霞等，2000）。Li 等（1992）对红足侧沟茧蜂的研究也发现该蜂对棉花中 29 种挥发性物质的触角电位反应，雌雄蜂之间差异不显著（$P > 0.05$）。他们认为其原因是雌雄茧蜂处于同样的栖境中，雌蜂利用植物挥发性物质寻找寄主，而雄蜂利用同样的植物挥发性物质和性信息素寻找雌蜂交配。可以看出，这种解释着重于寄生蜂进化的角度。我们认为雌雄茧蜂触角上都具有大量的具有嗅觉作用的板形感器是这一现象形成的物质基础。Ochieng 等（2000）通过对红足侧沟茧蜂的板形感器进行的透射电镜研究发现板形感器上有许多小孔，表明其可能具有嗅觉功能。

刺形感器是机械感器，Schneider（1964）认为其功能为感受触角位置。中红侧沟茧蜂的刺形感器位于梗节附近的部位和头和柄节之间的节间膜，可以推测其可用来感受触角运动和位置，可能具有感觉机械刺激的功能，是本体感器。

钟形感器仅在中红侧沟茧蜂雌蜂触角上发现，在红足侧沟茧蜂触角上没有发现（Ochieng *et al*.，2000），而在侧沟茧蜂 *Microplitis* sp. 上则是分布于雄蜂的触角上（陈新芳等，2004）。该感器可能具有感受位置的功能，通常被认为是机械感器（Dietz and Humphreys，1971；Navasero and Elzen，1991）。

锥形感器Ⅰ顶端具孔，被国际上公认为是味觉感受器，有的兼有机械感受功能。锥形感器Ⅱ的形态和功能都未见文献报道。锥形感器Ⅲ分布于茧蜂科的黑头折脉茧蜂和红足侧沟茧蜂、姬蜂科的黑唇姬蜂 *Campoletis sonorensis*（Norton and Vinson，1974a，1974b）、跳小蜂科的跳小蜂 *Epidinocarsis lopezi* 和胭介壳虫跳小蜂 *Leptomastix dactylopii*（van Baaren *et al*.，1996）的雌蜂触角上，被认为具有味觉和机械感受功能，在寄主识别过程中具有重要作用。红足侧沟茧蜂上锥形感器Ⅳ被称为锥形感器 B（Navasero and Elzen，1991），功能有待研究。需要指出的是锥形感器Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ与锥形感器Ⅰ在大小、形态上差异很大，这些差异是本来就存在的，还是在样品准备过程中造成的，还需进一步的研究确定。

腔锥形感器在膜翅目几个科的昆虫均发现，称谓也各不相同，例如‘小的接近末端的感器”（small subterminal sensilla）（Weselow，1972），“多孔有槽感

器”（multiporous grooved sensilla）（Barlin *et al*.，1981）；“泡形感器”（bulb sensilla）（Cave and Gaylor，1987）；“光滑的锥形感器”（smooth basiconic sensilla）（Norton and Vinson，1974a）。一般认为，腔锥形感器具有感受气味的作用（Olson and Andow，1993；van Barren *et al*.，1996；Amornsak *et al*.，1998）。但是也有研究表明，这种感器可能与热和湿度感受有关（Altner *et al*.，1983）。

中红侧沟茧蜂的触角感受器类型与数量与红足侧沟茧蜂（Ochieng *et al*.，2000）、侧沟茧蜂 *Microplitis* sp.（陈新芳等，2004）既有相似之处，又有所不同。这可能是由于它们同属于侧沟茧蜂属，亲缘关系较近，在形态上有共性，但同时又表现出种的特异性。本研究中感器的功能，特别是嗅觉感器的功能主要是根据其形态和触角电位反应实验结果推测而来的，具有一定的局限性，还有待于进一步的研究，包括利用单细胞测定技术验证。

致谢 中国科学院动物研究所的甘雅玲副研究员、李文浩先生和李世文女士协助完成扫描电镜观察，山西农业大学的马瑞燕教授对本文提出了许多建设性建议，在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献（References）

Altner H，Schaller-Selzer L，Stetter H，Wohlrab I，1983. Poreless sensilla with inflexible sockets：A comparative study of a fundamental type of insect sensilla probably comprising thermo- and hygro-receptors. *Cell Tissue Res*.，234：279－307.

Amornsak W，Cribb B，Gordh G，1998. External morphology of antennal sensilla of *Trichogramma australicum* Girault（Hymenoptera：Trichogrammatidae）. *Int*. *J*. *Insect Morphol*. *Embryol*.，27：67－82.

Barlin MR，Vinson SB，1981. Multiporous plate sensilla in antennae of the Chalcidoidea（Hymenoptera）. *Int*. *J*. *Insect Morphol*. *Embryol*.，10：29－42.

Barlin MR，Vinson SB，Piper GL，1981. Ultrastructure of the antennal sensilla of the cockroach-egg parasitoid，*Tetrastichus hagenowii*（Hymenoptera：Eulophidae）. *J*. *Morphol*.，168：97－108.

Borden JH，Rose A，Chorney RJ，1978. Morphology of the elongate sensillum on the antennae of *Aphidius smithi*（Hymenoptera：Aphidiidae）. *Can*. *J*. *Zool*.，56：519－525.

Cave RD，Gaylor MJ，1987. Antennal sensilla of male and female *Telenomus reynoldsi* Gordh and Coker（Hymenoptera：Scelionidae）. *Int*. *J*. *Insect Morphol*. *Embryol*.，16：27－39.

Chen XF，Gao Y，Zhang QC，2004. Scanning electron microscope study of antennal sensilla of *Microplitis* sp. *Natural Enemies of Insects*，26（4）：169－174.［陈新芳，高燕，章潜才，2004. 侧沟茧蜂触角感觉器的扫描电镜观察. 昆虫天敌，26（4）：169－174］

Dong WX，Wang R，Zhang ZN，2000. Electroantennal responses of parasitoid（*Microplitis mediator*）to cotton plant volatiles. *Acta Entomol*. *Sin*.，43（Suppl.）：119－125.［董文霞，王睿，张钟宁，2000. 中红侧沟茧蜂对棉花挥发性物质的触角电位反应. 昆虫学报，43（增刊）：119－125］

Dietz A，Humphreys WJ，1971. Scanning electron microscopic studies of antennal receptors of the worker honey bee，including sensilla campaniformia. *Ann*. *Entomol*. *Soc*. *Am*.，64：919－925.

Li YS，Dickens JC，Steiner WWM，1992. Antennal olfactory responsiveness of *Microplitis croceipes*（Hymentoptera：Braconidae）to cotton plant volatiles. *J*. *Chem*. *Ecol*.，18：1 761－1 773.

Miller MC，1972. Scanning electron microscope studies of the flagellar sense receptors of *Peridesmia discus* and *Nasonia vitripennis*（Hymenopera：Pteromalidae）. *Ann*. *Entomol*. *Soc*. *Am*.，65：1 119－1 124.

Navasero RC，Elzen GW，1991. Sensilla on the antennae，foretarsi and palpi of *Microplitis croceipes*（Cresson）（Hymenoptera：Braconidae）. *Proc*. *Entomol*. *Soc*. *Wash*.，93：737－747.

Norton WN，Vinson SB，1974a. Antennal sensilla of three parasitic Hymenoptera. *Int*. *J*. *Insect Morphol*. *Embryol*.，3：305－316.

Norton WN，Vinson SB，1974b. A comparative ultrastructural and behavioral study of the antennal sensory sensilla of the parasitoid *Cardiochiles nigricepes*（Hymenoptera：Braconidae）. *J*. *Morphol*.，142：329－350.

Ochieng SA，Park KC，Zhu JW，Baker TC，2000. Functional morphology of antennal chemoreceptors of the parasitoid *Microplitis croceipes*（Hymenoptera：Braconidae）. *Arthropod Struct*. *Dev*.，29（3）：231－240.

Olson DM，Andow DA，1993. Antennal sensilla of female *Trichograma nubilale*（Ertle and Davis）（Hymenoptera：Trichogrammatidae）and comparisons with other parasitic Hymenoptera. *Int*. *J*. *Insect Morphol*. *Embryol*.，22：507－520.

Richerson JV，Borden JH，Hollingdale J，1972. Morphology of a unique sensillum placodeum on the antennae of *Coeloides brunneri*（Hymenoptera：Braconidae）. *Can*. *J*. *Zool*.，50：909－913.

Secheider D，1964. Insect antennae. *Annu*. *Rev*. *Entomol*.，9：103－122.

Slifer EH，1970. The structure of arthropod chemoreceptors. *Annu*. *Rev*. *Entomol*.，15：121－142.

van Baaren J，Barbier R，Nenon JP，1996. Female antennal sensilla of *Epidinocarsis lopezi* and *Leptomastix dactylopii*（Hymenoptera：Encyrtidae），parasitiods of pseudococcid mealybugs. *Can*. *J*. *Zool*.，74：710－720.

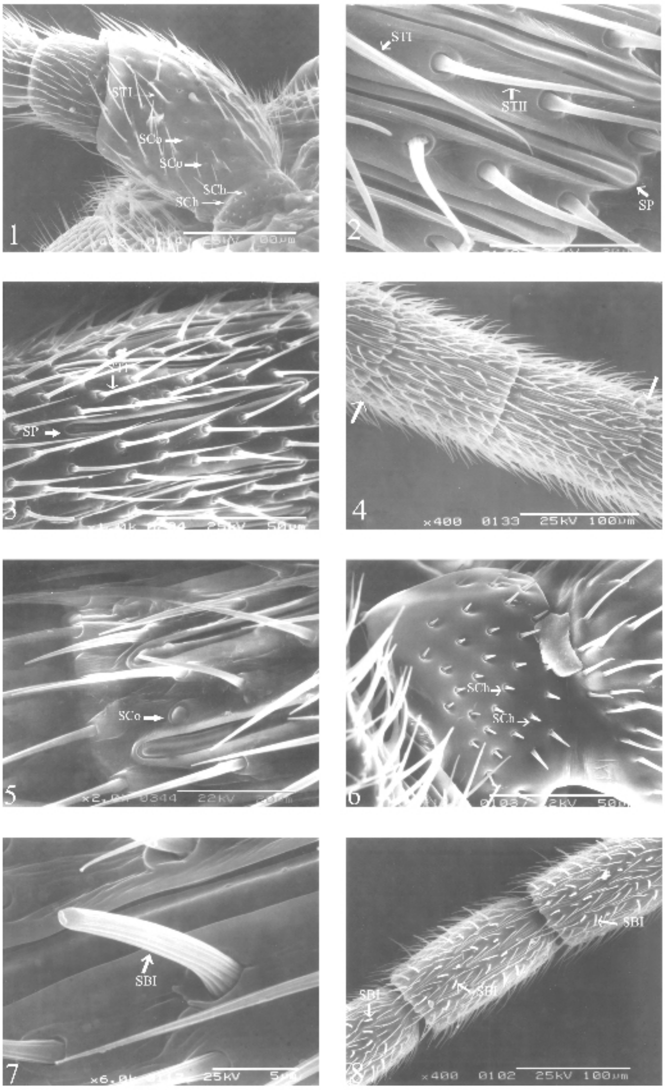
Weselow RM，1972. Sense organs of hyperparasite *Cheiloneurus noxius*（Hymenoptera：Encyrtidae）important in host selection process. *Ann*. *Entomol*. *Soc*. *Am*.，65：41－46.

Zhao XF，1987. Parasitic Wasp Classification Scheme. Beijing：Science Press. 83 pp.［赵修复，1987. 寄生蜂分类纲要. 北京：科学出版社. 83 页］

（责任编辑：袁德成）

董文霞等：中红侧沟茧蜂触角感受器的扫描电镜观察 **图版 Ⅰ**

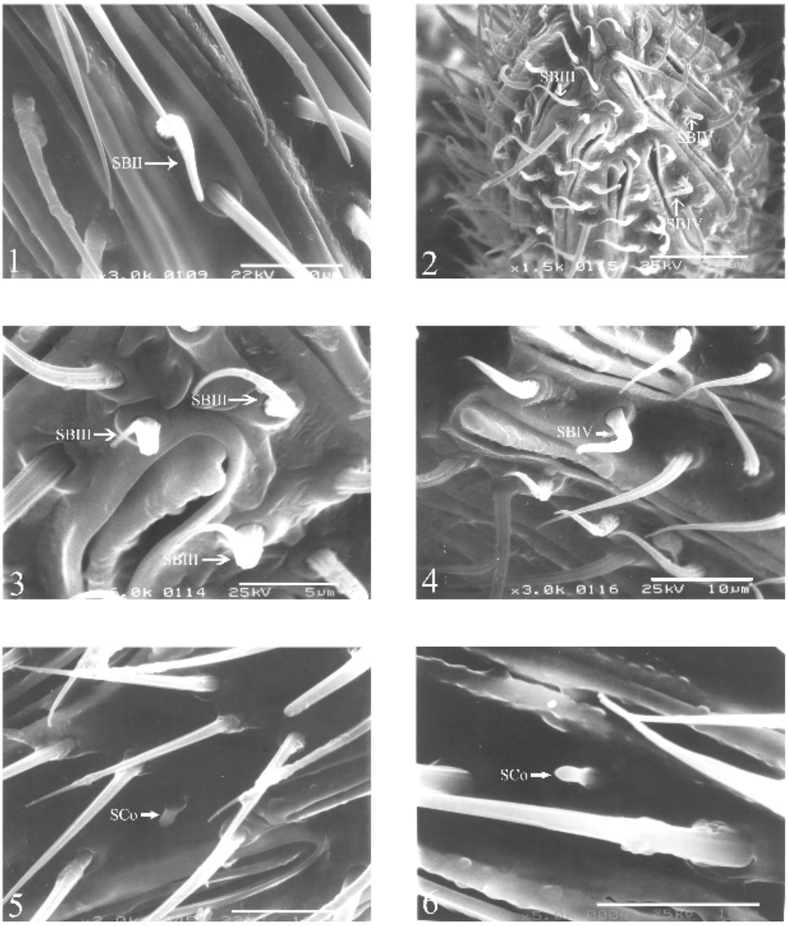
DONG Wen-Xia *et al*.：Antennal sensilla of *Microplitis mediator* observed with scanning electron microscope Plate Ⅰ



1. **雌蜂的柄节、梗节、柄节与头部之间的节间膜上的毛形感器**Ⅰ**、刺形感器、钟形感器** Sensilla trichodea Ⅰ（STⅠ），sensilla chaetica（SCh），and sensilla campaniformia（SCa）on the pedicel，scape and inter-segment between head and scape of female antennae（400×），bar = 100 μm；2. **雄蜂鞭节上的毛形感器**Ⅰ**和**Ⅱ**及板形感器** Sensilla trichodea Ⅰ（STⅠ），sensilla trichodea Ⅱ（STⅡ），and sensilla placodea（SP）on male flagellum（2 500×），bar = 20 μm；3. **雌蜂鞭节上的毛形感器**Ⅰ**和板形感器** Sensilla trichodea Ⅰ（STⅠ）and sensilla placodea（SP）on female flagellum（1 000×），bar = 50 μm；4. **雄蜂的每个鞭节看起来分为两部分** It seems that each flagellar segment is divided into two parts on male antennae（400×），bar = 100 μm；5. **雌蜂第七鞭节上的钟形感器** Sensilla campaniformia（SCa）on flagellomere 7 of female antennae（2 000×），bar = 20 μm；6. **雄蜂柄节与头部之间的节间膜上的刺形感器** Sensilla chaetica（SCh）on the intersegmental membrane between head and scape of male antennae（1 000×），bar = 50 μm；7. **雌蜂鞭节上的锥形感器**Ⅰ Sensilla basiconica Ⅰ（SBI）on female flagellum（6 000×），bar = 5 μm；8. **雌蜂的第** 13、14、15 **鞭节上的分布着大量的锥形感器**Ⅰ Sensilla basiconica Ⅰ（SBI）are abundantly located on flagellomere 13，14，15 of female antennae（400×），bar = 100 μm.

董文霞等：中红侧沟茧蜂触角感受器的扫描电镜观察 **图版Ⅱ**

DONG Wen-Xia *et al*. : Antennal sensilla of *Microplitis mediator* observed with scanning electron microscope Plate Ⅱ



1. **雄蜂次末鞭节上的锥形感器**Ⅱ Sensilla basiconica Ⅱ（SBII）on penultimate segment of male antennal flagellum（400×），bar = 10 μm；2. **锥形感器**Ⅲ **大量分布在雄蜂触角末节的侧面，该类感器之间还分布着一些锥形感器**Ⅳ Sensilla basiconica Ⅲ（SBⅢ）are abundantly present on the lateral surface of ultimate segment of male antennal flagellum，and several basiconica Ⅳ（SBⅣ）are among them（1 500×），bar = 20 μm；3. **雄蜂触角末节上的锥形感器**Ⅲ Sensilla basiconica Ⅲ（SBⅢ）on the ultimate segment of male antennal flagellum（6 000×），bar = 5 μm；4. **雄蜂触角末节上的锥形感器**Ⅳ Sensilla basiconica（SBⅣ）on the ultimate segment of male antennal flagellum（3 000×），bar = 10 μm；5. **雌蜂第** 14 **鞭节上的腔锥形感器** Sensilla coeleoconica（SCo）on flagellomere 14 of female antennae（5 000×），bar = 10 μm；6. **雄蜂第** 11 **鞭节上的腔锥形感器** Sensilla coeleoconica（SCo）on flagellomere 11 of male antennae（3 000×），bar = 10 μm.